



Neurodidaktik: Chancen und Grenzen einer Naturalisierung des Lernens

Andreas Draghun

Auszug aus dem Jahresbericht
„Marsilius-Kolleg 2011/2012“

Hirnforscher äußern sich zunehmend zu Fragen, die die Hirnforschung im engeren Sinne gar nicht beantworten kann: Was zeichnet uns als Menschen aus? Wie hängen Geistiges und Körperliches zusammen? Können wir aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen Anleitungen für unser individuelles oder gesellschaftliches Handeln ableiten? Tatsächlich ist das Gehirn ein ganz besonderes Organ, dessen Leistungen unser Menschenbild stärker berührt als die Leber oder das Hüftgelenk (die man allerdings auch nicht unterschätzen sollte). Neue Befunde der Hirnforschung führen daher oft zu interdisziplinären Dialogen mit so unterschiedlichen Disziplinen wie dem Strafrecht, der Ökonomie, Theologie, Kunsttheorie und eben der Pädagogik. Interdisziplinärer Dialog ist ein Kernanliegen des Marsilius-Kollegs, so dass es nicht verwundert, wenn bisher in jeder Klasse „Neurowissenschaftler“ unter den Fellows waren. Dennoch bleibt bei vielen Beobachtern solcher interdisziplinärer Debatten ein Unbehagen: Kann die Hirnforschung wirklich die enormen Hoffnungen einlösen, die sie selbst oder ihre medialen Vermarkter geweckt haben? Wird sie in naher Zukunft Lösungen für die drängenden medizinischen Probleme in Psychiatrie und Neurologie liefern? Kann sie Antworten auf grundlegende gesellschaftliche Fragen geben? Soll und kann sie eine Leitwissenschaft für die öffentliche Debatte sein? Die Beschäftigung mit Ansprüchen und Grenzen der naturwissenschaftlichen Hirnforschung war Gegenstand meines ersten Jahres als Marsilius-Fellow.¹

Die Einladung zu einem zweiten Jahr im Kolleg gab mir Gelegenheit, den Dialog zwischen Hirnforschung und Gesellschaft an einem konkreten Beispiel auszuloten – der „Neurodidaktik“. Mit diesem – zumindest dem Namen nach – neuen Wissenschaftsgebiet ist der Anspruch verbunden, die hergebrachte Schulpraxis durch Anwendungen der Entwicklungsneurobiologie, Neuroplastizitätsforschung, Stressforschung, Wahrnehmungsphysiologie u. a. zu ergänzen oder zu verändern. Im Extremfall beanspruchen Hirnforscher, die eigentlich maßgeblichen Fachleute für Theorie und Praxis von Unterricht zu sein. Schulseziele eben letztlich auf Veränderungen in kindlichen Gehirnen. Die Neurodidaktik verfolgt damit ein Programm der Naturalisierung und Technisierung, wie wir es auch aus anderen Lebensbereichen kennen. Es verwundert wenig, dass traditionelle Fachvertreter dies oft als Anmaßung, ja als Usurpation erleben und

Neurodidaktik: Chancen und Grenzen einer Naturalisierung des Lernens

Andreas Draguhn

heftig auf die Autonomie der akademischen Pädagogik und der Didaktik als Anwendungsfach pochen. So gibt es parallel zur Sachebene in der Begegnung von Neurowissenschaften und Didaktik eine Abgrenzungsdebatte, die bisweilen sehr emotional geführt wird.² Wo dabei Pragmatismus und wechselseitige Offenheit auf der Strecke bleiben, werden Chancen verspielt.

Im Folgenden sollen einige kritische Aspekte der Begegnung zwischen Didaktik und Hirnforschung hervorgehoben werden. Eine vollständige Darstellung aller interdisziplinären Aspekte der Neurodidaktik ist hier nicht angestrebt, vielmehr sollen gezielt Befunde herausgearbeitet werden, die einen gelingenden Dialog fördern können. Damit ist die Hoffnung verbunden, genau diesen Dialog mit Unterstützung des Marsilius-Kollegs weiterzuführen.

Neurodidaktik als Naturalisierung und Technisierung

Der Begriff „Neurodidaktik“ wurde in den 80er Jahren von dem Freiburger Mathematikdidaktiker Professor Gerhard Preiß geprägt. Es geht darum, Ergebnisse der Hirnforschung für die Didaktik zu nutzen, wobei Didaktik als die anwendungsnahe Schwesterdisziplin der eher theoretisch ausgerichteten Pädagogik zu verstehen ist. Tatsächlich handelt es sich bei der Neurodidaktik weniger um eine Wissenschaft mit fest umrissenem Gegenstandsbereich, sondern eher um ein Programm der Naturalisierung von Lehre und Lernen. Die Tendenz, traditionelle Gegenstände der Humanwissenschaften als Naturgegenstände zu begreifen und damit dem Primat der Naturwissenschaften zu unterwerfen ist nicht neu, der Widerstand dagegen auch nicht. Die Erforschung geistig-seelischer Vorgänge hat spätestens seit Beginn der modernen Hirnforschung im 19. Jahrhundert in diesem Spannungsfeld stattgefunden, das bis heute in Psychologie und Psychiatrie deutlich spürbar ist. Ebenso wie in diesen Fächern geht es bei der Neurodidaktik nicht allein um akademische Fragen (etwa, ob kausale Erklärungen für Geistiges letztlich immer naturwissenschaftlicher Art sein müssen). Hier steht auch die Praxis zur Debatte, also die Frage, ob Didaktik letztlich „Neurotechnik“ im Sinne angewandter Hirnforschung sei. Das Programm heißt also: Naturalisierung der Pädagogik und Technisierung der Didaktik.

Der Ulmer Psychiater und Neurowissenschaftler Manfred Spitzer hat es so formuliert: „Lernen ist Gegenstand der Gehirnforschung; daher wird ein Lehrer,

der weiß, wie das Gehirn funktioniert, besser lehren können“.³ Diese programmatische Äußerung enthält drei implizite Aussagen über die Hirnforschung: (1) „Lernen“ wird von der Hirnforschung untersucht; (2) wir können bereits in einem relevanten Sinne sagen, wie das Gehirn funktioniert; (3) wir können das Verstandene auf die Situation des Lehrers anwenden und nutzbar machen. Will man das tatsächliche Potenzial der Hirnforschung für die Didaktik begreifen, verdient jeder dieser Sätze eine differenzierte Betrachtung.

(1) Lernen als Gegenstand der Hirnforschung. Sucht man in der maßgeblichen biomedizinischen Datenbank „Pubmed“ nach den Stichwörtern „learning OR memory“, so finden sich über 400.000 Fachartikel, davon allein 26.000 Veröffentlichungen im Jahr 2011. Offenbar handelt es sich also um ein zentrales und sehr aktives Forschungsgebiet. Dennoch weist der ausufernde Gebrauch der oben genannten Stichworte auch auf die Unschärfe der Definition hin. Unter dem großen Kapitel neuronaler Plastizität (also der Anpassung des Nervensystems an Erfahrungen) werden tatsächlich ganz unterschiedliche Phänomene erforscht, deren Relevanz für das Lernen von Schulkindern nicht immer offensichtlich ist. Klassische Arbeiten zur synaptischen Plastizität befassen sich zum Beispiel mit dem Phänomen, dass bei wiederholter Reizung einer motorischen Nervenfasers die synaptische Übertragung auf den Muskel immer stärker wird. Es handelt sich bei dieser „Faszilitierung“ also um eine aktivitätsabhängige Änderung der synaptischen Kopplung und damit um neuronale Plastizität. Aber geht es hier wirklich um „Lernen“ oder „Gedächtnisbildung“? Tatsächlich belaufen sich die Zeitabstände dieser *short term plasticity* auf Bruchteile von Sekunden. Außerdem stellt die neuromuskuläre Synapse einen reinen Effektor des Nervensystems dar, also eine Art Schalter, der die Muskelzelle zur Kontraktion bringt wenn im Nervensystem ein entsprechender Impuls generiert wurde. An dieser Stelle findet keine relevante Informationsverarbeitung statt, also auch kein „Lernen“ im Sinne der Didaktik.

Aus Sicht der Hirnforschung sind die Arbeiten zur Plastizität der neuromuskulären Übertragung aber doch hoch relevant – an diesem leicht zugänglichen Präparat wurden die theoretischen Konzepte und experimentellen Paradigmata entwickelt, die später in der Erforschung synaptischer Plastizität im Zentralnervensystem zum Einsatz kamen. Selbst solche basalen zellphysiologischen Arbeiten sollten also in der Diskussion über Neurodidaktik nicht vollkommen ignoriert

werden, auch wenn sie von anwendbarem Wissen für Lehrer extrem weit entfernt scheinen. Diese Feststellung führt zum Problem der verschiedenen Systemebenen, das ebenfalls an einem anderen Beispiel erläutert werden soll. Im Jahr 1949 veröffentlichte der amerikanische Psychologe Donald Hebb sein Buch „The Organization of Behavior“.⁴ Darin postulierte er verschiedene neuronale Mechanismen, deren Vorhandensein aus dem beobachtbaren Denken und Verhalten von Menschen und Tieren folge. Der berühmteste Satz in dem vielzitierten (und wenig gelesenen) Buch bezieht sich auf die Fähigkeit zum assoziativen Lernen, also der dauerhaften Verknüpfung zweier Sinnesreize zu einer je gleichen Reaktion. Diese Lernleistung setzt laut Hebb auf neuronaler Ebene voraus, dass die Verbindung zwischen zwei Nervenzellen dauerhaft verstärkt werde, wenn diese mehrfach gemeinsam aktiviert würden. Im Jahr 1973 wurde diese aktivitätsabhängige dauerhafte Stärkung einer synaptischen Verbindung tatsächlich von Timothy Bliss und Terje Lømo im Hippocampus des Kaninchens nachgewiesen⁵ und als *long-term potentiation* bezeichnet (die Versuche bauten übrigens konzeptuell und methodisch auf den oben beschriebenen einfacheren Befunden an der neuromuskulären Synapse auf). Noch später wurde mit dem NMDA-Rezeptor ein Signalmolekül entdeckt, das genau diese Koinzidenzdetektion leistet: es handelt sich um einen Rezeptor für den Transmitter Glutamat, der Erregungen von einer auf die andere Nervenzelle überträgt. Dieser spezielle Typ von Rezeptor hat aber die Besonderheit, nur dann aktiv zu werden, wenn die zweite Nervenzelle bereits zuvor durch andere Vorgänge aktiviert wurde. In dieser Situation lässt er außerdem besonders viel Kalzium in die Zelle einströmen, was seinerseits eine dauerhafte Verstärkung der synaptischen Übertragung auslöst. Nachfolgende Untersuchungen an Tieren – nicht zuletzt durch die Heidelberger Arbeitsgruppen um Peter Seeburg und Hannah Monyer – haben gezeigt, dass NMDA-Rezeptoren tatsächlich essenziell zum assoziativen Lernen beitragen. In neuester Zeit wird nun versucht, die Erkenntnisse auf therapeutische Situationen am Menschen anzuwenden: die Aktivität des NMDA-Rezeptors kann durch eine Substanz namens D-Cycloserin verstärkt werden. Gibt man diese unmittelbar vor einer Psycho- oder Verhaltenstherapie, so werden möglicherweise die dort geübten Änderungen des Verhaltens besser erinnert und vertieft.

An diesem Beispiel erkennt man eine derzeit stattfindende Ausweitung des Lernbegriffes in den Neurowissenschaften, die nicht mit einer Verwässerung wechselt werden sollte. Die Aktivierung von NMDA-Rezeptoren ist ein elementa-

rer zellphysiologischer Vorgang, der nicht nur bei assoziativem Lernen stattfindet, sondern auch bei vielen anderen normalen und pathologischen Prozessen. Die Verwandtschaft der Mechanismen führt uns dazu, in all diesen Fällen von „Gedächtnis“ im Sinne der Hirnforschung zu reden. Die eingeschliffenen Verhaltensweisen beim unkontrollierten Konsum einer Substanz sind Ausdruck des „Suchtgedächtnisses“, der chronische Schmerz, der auch nach Beseitigung eines Schadens noch spürbar ist, geht auf das „Schmerzgedächtnis“ zurück usw. Dies sind keine rhetorischen Taschenspielertricks, sondern adäquate Ausdrücke der mühsam erarbeiteten Erkenntnis, dass pathologische Entwicklungen unseres Fühlens, Verhaltens und Denkens auf denselben neuroplastischen Vorgängen aufbauen können wie erwünschte Lernvorgänge. Natürlich kann der erlebte Schmerz nicht auf die Plastizität von nozizeptiven Neuronen reduziert werden, und die Suchterkrankung ist nicht allein eine Fehlregulation der Dopaminfreisetzung im Nucleus accumbens. Das Wissen um die Naturvorgänge sollte nicht dazu führen, die Situationen handelnder und fühlender Menschen zu ignorieren. Im Gegenteil können naturwissenschaftliche Analyse und erweiterte therapeutische Möglichkeiten das Verständnis und den adäquaten Umgang mit den Betroffenen bereichern. Ähnliches gilt aus meiner Sicht für die Didaktik.

(2) Damit sind wir bereits bei der zweiten These, die hier als Frage formuliert werden soll: Verstehen wir das Gehirn? Die oben ganz grob skizzierten Befunde zum NMDA-Rezeptor, synaptischer Plastizität und Lernen hängen offensichtlich irgendwie zusammen. Andererseits überspannen sie viele Systemebenen von einzelnen Molekülen, Synapsen, Nervenzellen, neuronalen Netzwerken, dem Lernverhalten von Tieren bis hin zur pharmakologisch unterstützten Psychotherapie am Menschen. Niemand kann behaupten, dass wir derzeit eine lückenlose Kausalkette vom NMDA-Rezeptor bis zur psychiatrischen Praxis aufstellen können, zumal eine simple Aufwärts-Kausalität vom Molekül zum handelnden Menschen eine groteske Verzerrung der Wechselwirkungen in komplexen Systemen wäre. Aber Vollständigkeit der Rekonstruktion ist nicht die einzige Form des Verstehens, und reduktionistische Forschungsansätze können auch ohne Vollständigkeit fruchtbar sein. Ohne die grundlegenden Arbeiten zu NMDA-Rezeptoren und Lernen hätte niemand den *educated guess* entwickelt, D-Cycloserin als Adjuvans in der Psychotherapie einzusetzen. Offenbar sind also Beziehungen zwischen verschiedenen Systemebenen auch dann nutzbar, wenn man die einzelnen Übergänge nicht im Detail kennt. In dieser Feststellung liegt aus meiner

Sicht eine große Chance für das Gespräch zwischen Hirnforschung und Pädagogik: unsere Erkenntnisse können relevant für andere Ebenen der Forschung oder Praxis sein, auch ohne die anderen Zugänge durch letztgültige Erklärungen aufzuheben. „Relevant für“ meint eben nicht, dass die Hirnforschung die letztgültige autoritäre Erklärung für alle Phänomene des Lernens liefern kann und soll. Der Ausdruck erkennt aber an, dass unsere biologische Verfasstheit Rahmenbedingungen schafft, die einen Einfluss auf unser Denken, Wahrnehmen und Verhalten haben, und die gezielt (wenn auch mit großer Unschärfe) genutzt oder beeinflusst werden können.

Diese allgemeinen Betrachtungen gelten vielleicht für alle Bereiche, in denen Neurowissenschaften anderen Disziplinen begegnen. Eine realistische Einschätzung des Erklärungspotenzials der Hirnforschung kann helfen, die eigenen Ansprüche zu kalibrieren und so Maximalforderungen zu vermeiden. Dies würde die zwangsläufig entstehenden Abwehrbewegungen der Partnerdisziplinen entschärfen, gleichzeitig aber Beiträge der Hirnforschung dort ermöglichen, wo diese sinnvoll eingebracht werden können und müssen. Damit verbunden ist auch die Möglichkeit, Entwicklungen der Hirnforschung rechtzeitig in einen Dialog einzubinden, um nicht von ihnen überrollt zu werden. Eine ungehemmte Naturalisierung und Technisierung des Konzeptes „Lernen“ kann, so der Medizinhistoriker Cornelius Borck, eben auch zu irreversiblen Änderungen der gesellschaftlichen Praxis führen, die wir bei rechtzeitiger Diskussion vielleicht gar nicht gewollt hätten.⁶ Ignorieren naturwissenschaftlicher Befunde wird jedenfalls die technischen Anwendungen nicht aufhalten, wie andere Bereiche der Naturwissenschaft eindrücklich lehren.

(3) Schließlich bleibt zu klären: Können wir den Lehrern denn tatsächlich etwas Nützliches in die Hand geben? Diese Frage ist besonders kontrovers. Der oben zitierte Satz von Manfred Spitzer spiegelt das eine Extrem – ja, Lehrer werden besser, wenn sie um die Funktionen des Gehirns wissen. Am anderen Ende der Skala finden sich Kritiker der Hirnforschung, insbesondere aus den Reihen der Pädagogik. Sie werfen den Propagandisten der Neurodidaktik vor, letztlich zur Schulpraxis nicht mehr beitragen zu können, als eine nachträgliche naturwissenschaftliche Sanktionierung der ohnehin bekannten Methoden guten Unterrichts. Durch diese nacheilende Autorisierung von Bekanntem erhebe die Hirnforschung einen naturwissenschaftlichen Dominanzanspruch ohne etwas

wirklich Konstruktives beizutragen.⁷ Ein oft zitiertes Beispiel hierfür ist die Interpretation von Befunden rund um die Amygdala: die Hirnforschung hat den „mandelförmigen Kern“ in der Tiefe des Schläfenhirns als ein Gebiet identifiziert, das an vielen kognitiven, motorischen und vegetativen Reaktionen auf Stressoren beteiligt ist. Starke Furcht schwächt das Wissensgedächtnis, das heißt sie steht dem erfolgreichen Lernen entgegen. Gleichzeitig fördert sie die bleibende Assoziation der furchtauslösenden Situation mit dem aversiven Geschehen. So wird ein Schüler auch künftig gestresst reagieren, wenn er nur in dieselbe Umgebung gerät, in der er zuvor geängstigt wurde. Frei übersetzt: wenn im Schulkontext durch Strafen und Demütigen ein *inescapable stress* erzeugt wird, so mindert das nicht nur den aktuellen Lernerfolg, sondern kann zu einer langen und generellen Aversion gegen schulische Lernsituationen führen. Die beteiligten neuronalen Netzwerke, Transmitter, Stresshormone, akute und chronische Wirkungen von Stress usw. werden in der Hirnforschung derzeit sehr aktiv untersucht. Dennoch kann man mit einigem Recht sagen, dass jeder gute Lehrer



solche Fehlentwicklungen vermeiden wird, ohne das geringste Wissen um die Amygdala zu benötigen. Hierzu reicht das Wissen aus traditioneller Pädagogik und Didaktik, einschließlich der entsprechenden empirischen Befunde dieser Wissenschaften, vollkommen aus. Tatsächlich reicht im vorliegenden Beispiel – hoffentlich! – schon die mitmenschliche Intuition. Also sollte sich, so die Kritik, die Hirnforschung nicht selbst zur Gouvernante der jahrhundertealten pädagogischen Traditionslinien, der empirischen Didaktik und der etablierten Schulpraxis befördern.

Tatsächlich scheint es intellektuell redlich und geboten, der Hirnforschung hier keinen Primat zuzusprechen. Dadurch wird es aber keineswegs sinnlos, die mit Furchtreaktionen verbundenen Hirnfunktionen zu erforschen. Sie bereichern unser Wissen um zahlreiche spezifische Details, die möglicherweise einmal nützliche Anwendungen finden können. So weiß man zum Beispiel, dass es unterschiedliche Formen des Furchtgedächtnisses gibt – manche Mechanismen sind vom räumlichen Kontext der auslösenden Situation abhängig, andere unabhängig. Andere Forscher studieren intensiv Mechanismen der „Extinktion“ unerwünschter Gedächtnisinhalte, die eines Tages eingeprägte Ängste auflösen helfen könnten. Pharmakologen suchen nach Substanzen, die selektiv angstlösend sind ohne zugleich unspezifisch Aufmerksamkeit und Lernbereitschaft zu dämpfen (eine schwere Nebenwirkung der bekannten „Tranquilizer“). Solche Erkenntnisse um die biologische Verankerung von Furcht eröffnen neue Chancen, wenn auch keine ad-hoc-Lösung aller Probleme. Sie scheinen mir außerdem als Bereicherung unseres Menschenbildes, selbst wenn sie nicht sofort den Schulalltag revolutionieren. Kurz: man sollte sie in einer intellektuell offenen Diskussion als relevant zur Kenntnis nehmen, ohne sie zu überhöhen oder kleinzureden. Zur Vermeidung von Missverständnissen sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Erwähnung von Pharmaka in diesem Artikel lediglich aus therapeutischer Perspektive erfolgt – gerade weil ich um die Nebenwirkungen und die starken plastischen Anpassungsvorgänge des Gehirns bei chronischer neuropharmakologischer Behandlungen weiß, bin ich für eine strikte Beschränkung solcher Maßnahmen auf medizinisch klar indizierte Situationen.

Das Beispiel der Amygdala fällt also in die Kategorie interessanter Erkenntnisse, die keine direkten Auswirkungen auf eine gute didaktische Praxis haben, weil die Konsequenzen ohnehin schon beachtet werden. „Der Fortschritt besteht

vielmehr darin zu zeigen, warum das funktioniert, was ein guter Pädagoge tut, und das nicht, was ein schlechter tut.“⁸ Gibt es darüber hinaus auch Bereiche, in denen die Hirnforschung direkt gefragt werden sollte? Ich meine, dass dies der Fall ist und will dies kurz am Beispiel der Neurobiologie kritischer Perioden erläutern. Manche elementare Fähigkeiten können (fast) nur in bestimmten Phasen der Kindheit gelernt werden („Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr“). Dieses von David Hubel und Thorsten Wiesel eingeführte Konzept der „kritischen Perioden“⁹ ist an der Sehrinde von Katzen und Nagetieren sehr präzise ausgearbeitet worden. In der Folge wurden dadurch Forschungen in Gang gesetzt, die auf die Überwindung dieser Begrenzung abzielen. Neue molekularbiologische, verhaltensphysiologische und lernpsychologische Arbeiten wecken berechtigte Hoffnung darauf, in Zukunft bessere therapeutische Möglichkeiten für Kinder und Jugendliche zu bekommen, die aufgrund früher Fehlentwicklungen unter schweren Defiziten leiden. Ein ähnlicher Prozess hat schon einmal mit der gezielten Therapie von Hörstörungen stattgefunden: viele Kinder mit unbehandelter Schwerhörigkeit haben in der Vergangenheit eine schwer gestörte Entwicklung genommen, weil das scheinbar isolierte Versagen eines Sinnesorgans die soziale Interaktion und das Lernen in kritischen Phasen behindert und die Ausreifung der entsprechenden Hirnfunktionen unmöglich gemacht hat. Normal begabte Kinder sind dadurch an den Rand der Gesellschaft geraten und haben ein Leben weit unter ihren Möglichkeiten geführt. Diese Situation ist heute durch etablierte Therapien bestens beherrschbar und bietet ein Beispiel dafür, wie hilfreich das Wissen um die körperlichen Voraussetzungen psychosozialer Fähigkeiten sein kann. Nach wie vor bietet natürlich eine gute Betreuung durch Eltern und Lehrer die beste Gewähr für einen gelungenen Start ins Leben. Dies ist aber nicht immer gegeben, und ein Blick auf die Entwicklungen der Neurobiologie mag künftig auch denjenigen Kindern verbesserte Chancen einräumen, die in frühen Phasen durch einseitige oder fehlende Reize geschädigt wurden.

Bei den Diskussionen im Marsilius-Kolleg sind weitere Felder möglicher Interaktion von Biologie und Didaktik zur Sprache gekommen, für die hier nur stellvertretend zwei Beispiele genannt werden sollen. Sie haben gemeinsam, dass es sich lohnt, die körperlichen Bedingungen „höherer“ Leistungen zu kennen, um dieses Wissen im Umgang mit Kindern und Jugendlichen zu nutzen oder – zumindest! – Fehler zu vermeiden.

i) Hormone. Wir wissen aus Forschungen an Tieren, dass grundlegende Funktionen von Nervenzellen und neuronalen Netzwerken in der Pubertät ganz anders ablaufen als davor oder danach. In dieser Phase ändern sich die Hirnvorgänge fundamental, mit großen Auswirkungen auf die Empfänglichkeit für Belohnungen, auf die Risikobereitschaft, aber auch auf die langfristigen Wirkungen von Drogenkonsum. Die Neurobiologie von Hormonen zeigt exemplarisch die enge Verzahnung des Körperlichen mit dem Geistigen. Je mehr Wissen über diese Vorgänge vorhanden ist (die übrigens auch in der Neurobiologie nicht ausreichend beachtet werden), umso mehr kann man den speziellen Anforderungen von Kindern und Jugendlichen gerecht werden. Theoretisch ginge dies auch rein empirisch, ohne jedes Wissen um das Gehirn. Faktisch nehmen Schulcurricula aber auf die großen „Aussetzer“ in den mittleren Jugendjahren keine Rücksicht – hier zeigt sich m. E. eine strukturelle Ignoranz der Didaktik gegenüber dem Körperlichen.

ii) Schlaf. Fast alle körperlichen und geistigen Vorgänge werden im Tageslauf rhythmisch moduliert. Das erstaunlichste Phänomen ist dabei der Schlaf, dessen Funktion biologisch immer noch weitgehend unverstanden ist. Klar ist jedoch, dass neben Hormonstatus, Metabolismus und vielen anderen körperlichen Parametern auch Lernvorgänge „circadianen“ Rhythmen folgen. Arbeiten der Gruppe um den Tübinger Psychologen Jan Born haben eindrucksvoll gezeigt, wie das Wissensgedächtnis in den frühmorgentlichen Tiefschlafphasen konsolidiert wird, während sich emotionale Gedächtnisinhalte und Bewegungslernen eher in den Traumzeiten des frühen Morgens verfestigen.¹⁰ Solche und zahlreiche weitere Studien belegen die komplexe Wechselwirkung zwischen biologischen Rhythmen, Schlafdauer und -qualität und der Fähigkeit zu Lernen. Dass die Unterrichtszeiten der meisten Schulen in Deutschland biologische Rhythmen weitgehend ignorieren, ist ein lange bekannter Missetand, der nicht erst durch Entdeckungen der Neurobiologie offenbar wird. Aber wäre es nicht an der Zeit, das reiche Detailwissen um Schlafphasen, individuell verschiedene Schlafmuster, notwendige Schlafzeiten und Schlafmengen, den Einfluss von Schlaf auf Intellekt, Wachstum, Stimmung und Leistungsfähigkeit aufzugreifen und in den Alltag einzubringen?

Ähnliche interdisziplinäre Dialoge bieten sich bei vielen weiteren Themen an, zum Beispiel bei den Zusammenhängen von Lernen und Ernährung,

Geschlechtsunterschieden und Hirnfunktionen, den sinnesphysiologischen Bedingungen von Lernen, dem Einfluss von Sport auf die Kognition und viele andere. Bei keinem dieser Themen hat die Hirnforschung den Alleinvertretungsanspruch, zu allen kann sie aber wesentliche Beiträge leisten.

Zwingend muss die Hirnforschung aus meiner Sicht in die Debatte um „Neuroenhancement“, also die Potenzierung intellektueller Fähigkeiten durch äußere Hilfsmittel (Pharmaka) einbezogen werden. Bei allen diagnostischen Verfahren, die über Lebenswege von Schülern entscheiden, sollte ebenfalls das zunehmende Methodenrepertoire der Neurowissenschaften eingesetzt werden – hier ist es aus meiner Sicht ethisch (und rechtlich?) geboten, einem Kind die Möglichkeiten moderner Medizin nicht vorzuenthalten. Aus diesem Grund wäre es auch wünschenswert, Neurobiologen und Mediziner intensiv an der aktuellen Debatte um „Inklusion“ zu beteiligen, also an der Frage, ob und wie weit man Kinder mit besonderen Problemen und „normale“ Kinder gemeinsam unterrichten kann. Leider muss man zugleich sagen, dass die Hirnforschung selbst in diesen Fragen noch vor großen unbewältigten Aufgaben steht – sie tut sich, kurz gefasst, mit der Diagnostik pathologischer Befunde deutlich leichter als mit deren Therapie.

Ausblick: Entwurf eines Dialogs auf Augenhöhe

Bei der Behandlung des Themas „Neurodidaktik“ in einschlägigen Büchern und Zeitschriften drängt sich der Eindruck eines gewissen Stillstands auf. Viele Beiträge sind affirmativ und wiederholen die bekannten Befunde aus Entwicklungsneurobiologie und -psychologie, oft in Einklang mit guten Beispielen aus der Reformpädagogik, also ohne prinzipiell Neues und Originelles zu fordern. Eine andere Gruppe von Beiträgen weist genau auf dieses Defizit hin¹¹ oder verbittet sich gar die autoritative Einmischung einer neuen Disziplin in den fest abgesteckten Zuständigkeitsbereich von Pädagogik, Didaktik und Psychologie.¹² Die Konsequenzen dieses verklemmten Dialogs nutzen weder der Neurobiologie noch der Didaktik.

Der interdisziplinäre Ansatz des Marsilius-Kollegs legt nahe, hier einen gewissen (bescheidenen) Neuanfang zu suchen, indem das Problem des Dialogs zwischen den Fachdisziplinen selbst thematisiert wird, ohne sofort in die

Diskussion konkreter neurodidaktischer Rezepte einzutreten. Dieser Dialog könnte aus meiner Sicht mit einer Beschreibung der „blinden Flecke“ beider Seiten beginnen:

- Ist die Neurobiologie blind gegenüber den Belangen der Pädagogik? Tatsächlich entstehen die weitaus meisten Arbeiten über „*learning and memory*“ aus der Eigendynamik des Faches. Die gezielte neurobiologische Forschung an originären Fragestellungen der Pädagogik, die von Praktikern an uns herangetragen werden, ist sicher eher die Ausnahme. Es scheint sinnvoll, die Gründe für die geringe Rezeption der Pädagogik in den Neurowissenschaften zu analysieren. Sind die Probleme der Pädagogik und Didaktik aufgrund des hohen Komplexitätsgrades für uns unzugänglich? Stehen uns unterschiedliche Sprachtraditionen im Wortfeld des Lernens im Weg?
- An die Pädagogik ginge die Frage, ob sie unter einem Neglect des Körperlichen leidet. Historisch ist sie überwiegend als Ableger der Philosophie entstanden, so dass selbst die reformpädagogischen Bewegungen des 19. und 20. Jahrhunderts möglicherweise mit ganz anderen Körper- und Naturbegriffen arbeiten als die moderne Neurobiologie. Auch hier wären Sprach- und Denktraditionen zu hinterfragen, insbesondere in der didaktischen Ausbildung der Lehrer.

Anschließend könnte gefragt werden, wie der Dialog fruchtbarer gemacht werden kann. Dabei wird man nicht um Fragen der wissenschaftlichen Autorität herumkommen, die offenbar von manchen Vertretern der Neurobiologie in einem Maß beansprucht wird, welches Vertreter der „anderen Seite“ abstößt. Erst auf der Basis eines gemeinsamen Verständnisses solcher Autoritätsfragen wird eine Diskussion möglich, die möglichst wenig von Ängsten und Abgrenzungsimpulsen geprägt ist. Diese Diskussion könnte inhaltlich damit beginnen, Fragen der Didaktik an die Neurobiologie zu identifizieren und damit den Spieß buchstäblich einmal herumzudrehen.

Das Marsilius-Kolleg ermöglicht mir derzeit die Vorbereitung einer Konferenz mit genau diesen Zielen. Im Vorfeld versuchen wir, ebenfalls mit Förderung des Kollegs, eine Bestandsaufnahme der pädagogischen Lehre zu leisten: wie viel Neurobiologie ist in den Curricula der Lehrer in Deutschland zu finden?

Erste praktische Erfahrungen mit einer neurophysiologischen Vorlesungsreihe für angehende Sonderpädagogen an der Pädagogischen Hochschule in Heidelberg sind jedenfalls ermutigend – jenseits aller Grenzziehungen und theoretischen Debatten im Vorfeld scheinen junge Lehrer durchaus wissen zu wollen, welche Möglichkeiten und Grenzen unser Gehirn und unsere Sinnesorgane uns setzen.

¹ Andreas Draguhn: *Angriff auf das Menschenbild? Erklärungsansprüche und Wirklichkeit der Hirnforschung*, in: *Menschen-Bilder: Darstellungen des Humanen in der Wissenschaft* hg. von Markus Hilgert und Michael Wink, Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2012.

² siehe z. B. das Streitgespräch zwischen Professor Elsbeth Stern und Professor Manfred Spitzer, DIE ZEIT Nr. 28/2004.

³ Frankfurter Rundschau vom 28.10.2003, S. 23.

⁴ Donald Olding Hebb: *The Organization of Behavior*, New York: John Wiley & Sons 1949.

⁵ Timothy V. P. Bliss und Terje Lømo: *Long lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path*, in: *Journal of Physiology* 232 (1973), S. 331-356.

⁶ Cornelius Borck: *Lässt sich vom Gehirn das Lernen lernen? Wissenschaftshistorische Anmerkungen zur Anziehungskraft der modernen Hirnforschung*, in: *Biowissenschaft und Erziehungswissenschaft* hg. von Annette Scheunpflug und Christoph Wulf: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9. Jahrgang, Beiheft 5/2006, S. 87-100.

⁷ Peter Menck: *Neurowissenschaften – Was bieten sie der Didaktik*, in: *Neurobiologie und Erziehungswissenschaft* hg. von Steffen Schlüter und Alfred Langewand, *Beiträge zur Theorie und Geschichte der Erziehungswissenschaft* 34 (2010), Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt 2010; Elsbeth Stern: *Wie viel Gehirn braucht die Schule?*, in: *Neurodidaktik – Grundlagen und Vorschläge für hirngerechtes Lehren und Lernen* hg. von Ulrich Herrmann, Weinheim/Basel: Beltz Verlag 2006.

⁸ Gerhard Roth: *Worüber dürfen Hirnforscher reden – und in welcher Weise?*, in: *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* 53 (2004), S. 1-12.

⁹ http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1981/hubel-lecture.html;
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1981/wiesel-lecture.html.

¹⁰ Susanne Diekelmann und Jan Born: *The memory function of sleep*, in: *Nature Reviews Neuroscience* 11 (2010), S. 114-126.

¹¹ Johannes Dichgans: *Die Plastizität des Nervensystems – Konsequenzen für die Pädagogik*, in: *Zeitschrift für Pädagogik* 40 (2) (1994), S. 229-246.

¹² Peter Menck: *Neurowissenschaften*, Anm. 7; Elsbeth Stern: *Wie viel Gehirn braucht die Schule?*, Anm. 7.